

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 11332183  
PUBLICATION DATE : 30-11-99

APPLICATION DATE : 19-05-98  
APPLICATION NUMBER : 10136835

APPLICANT : KYUSHU DENJI KO CENTER:KK;

INVENTOR : KOSHIISHI HIROMICHI;

INT.CL. : H02K 15/02 C21D 9/00

TITLE : METHOD OF ANNEALING FOR ELIMINATING DISTORTION IN LAMINATED CORE

ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To improve iron loss characteristic by defining conditions for annealing for eliminating distortion in cores fabricated by laminating non-oriented electromagnetic steel plates.

SOLUTION: A core formed by laminating non-oriented electromagnetic steel plates is annealed at a temperature not less than 800°C. A non-oxidizing or reducing atmosphere is used for this annealing. If the non-oriented electromagnetic steel plates contain 0.1 wt.% Al or more, the content of gas having nitridability is set to less than 30% in capacitance ratio. As a means for preparing such an atmosphere, inert gas or hydrogen is added as required.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-332183

(43) 公開日 平成11年(1999)11月30日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup> 識別記号

H 0 2 K 15/02

C 2 1 D 9/00

F I

H 0 2 K 15/02

C 2 1 D 9/00

F

S

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-136835

(22) 出願日 平成10年(1998)5月19日

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(71) 出願人 593191257

株式会社九州電磁鋼センター

北九州市八幡東区枝光一丁目1番3号

(72) 発明者 妹尾 聖一

福岡県北九州市戸畑区飛幡町1-1 新日

本製鐵株式会社八幡製鐵所内

(72) 発明者 坂井田 晃

福岡県北九州市戸畑区飛幡町1-1 新日

本製鐵株式会社八幡製鐵所内

(74) 代理人 弁理士 石田 敬 (外2名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 積層コアの歪み取り焼鈍方法

(57) 【要約】

【課題】 無方向性電磁鋼板を積層して作るコアの歪み取り焼鈍条件を規定することで、鉄損特性を向上させる。

【解決手段】 無方向性電磁鋼板を積層して形成したコアの焼鈍を、850℃以上の温度で行う。この焼鈍の雰囲気为非酸化性もしくは還元性とする。また無方向性電磁鋼板がAlを0.1重量%以上含有する場合には、窒化能を有するガスの含有量を容量比で30%未満にする。このような雰囲気に調整する手段として、不活性ガスや水素を適宜混入させる。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 無方向性電磁鋼板を積層して形成したコアの焼鈍を、800℃以上の温度で行うことを特徴とする積層コアの歪み取り焼鈍方法。

【請求項2】 前記焼鈍における焼鈍雰囲気为非酸化性もしくは還元性とすることを特徴とする請求項1記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

【請求項3】 前記焼鈍における焼鈍雰囲気を非酸化性もしくは還元性雰囲気として、雰囲気中の酸素もしくは水分濃度を1%未満、もしくは $\text{PH}_2\text{O}/\text{PH}_2$ を0.1以下とすることを特徴とする請求項1または2記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

【請求項4】 前記焼鈍雰囲気に水素を添加して、雰囲気中の $\text{PH}_2\text{O}/\text{PH}_2$ を調整することを特徴とする請求項3記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

【請求項5】 前記積層して形成したコアの焼鈍を850℃以上の温度で行うことを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

【請求項6】 前記無方向性電磁鋼板のAl含有量が0.1重量%未満であることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

【請求項7】 前記無方向性電磁鋼板のAl含有量が0.1重量%以上であり、かつ積層して形成したコアの焼鈍の雰囲気にける窒化能を有するガスの濃度を容量比で30%未満とすることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

【請求項8】 前記焼鈍雰囲気にHe、Arなどの不活性ガスを添加して、雰囲気中の酸化度および/または窒化ガス濃度を調整することを特徴とする請求項2～7のいずれか1項に記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

【請求項9】 前記焼鈍における非酸化性もしくは還元性雰囲気が、不活性ガスおよび/または水素、および不可避的混入ガスよりなることを特徴とする請求項2～8のいずれか1項に記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

【請求項10】 前記積層コア形成に用いる無方向性電磁鋼板として、結晶粒径が50μm以下の鋼板を用いることを特徴とする請求項1～9のいずれか1項に記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

【請求項11】 前記積層コア形成に用いる無方向性電磁鋼板として、最終冷延後に仕上げ焼鈍を施さない鋼板を用いることを特徴とする請求項1～9のいずれか1項に記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、いわゆるセミプロセス無方向性電磁鋼板をコア形成して焼鈍を施す際の焼鈍方法に関し、特に低磁場における鉄損の優れたコアを製造する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 比較的小型の回転機等のコアは、主に無

方向性電磁鋼板を所定の形状に打ち抜いて積層し、溶接、かしめ、接着などの方法により固定して形成される。一般に打ち抜きによる歪みで鉄損が増加し、回転機等のエネルギー効率が低下するので、歪みを除去するためコア形成後に焼鈍する場合がある。焼鈍条件としては、始めに300～400℃で打ち抜き油を除去した後、主に $\text{N}_2$ や $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$ などからなる非酸化性ないし還元性の雰囲気中で、750℃に2時間程度保持されるのが通常である。

【0003】 歪み取り焼鈍について開示された技術の例として、特開昭54-1803号公報では、低融点の熱融着性ガラス系無機物を絶縁被膜として塗布した帯状電磁鋼板から、鉄心コアを打ち抜いて積層した後、750℃で2時間焼鈍して、コア形成と歪み取り焼鈍を同時に行なう技術が開発されている。また、特開昭59-123719号公報には、鉄心を誘導加熱による焼鈍するに際して、コアの温度が720℃以上の温度Tにある時間 $T_m$ が、 $T_m(\text{分}) = -0.37 \times T(^\circ\text{C}) + 320$ 、を超えないようにすることで、焼鈍による高磁場での磁束密度低下を防止する技術が開示されている。

【0004】 コアの材料に用いられる無方向性電磁鋼板は、一般に、鉄にSi、Alなど固有抵抗を増加させる元素を添加し、所定の板厚まで冷延した後焼鈍し、表層に絶縁被膜を形成したものである。添加元素は一般に多いほど鉄損は低くなるが、その分コスト高となり、また飽和磁束密度の低下や加工性の劣化をもたらすので、そのグレードに応じて添加される。現在工業的に生産されている無方向性電磁鋼板のうち最高級グレードのものとしては、例えば、特開昭59-100218号公報に示されているように、Si: 2.5～3.5%、Al: 0.5～1.0%未満を含有するものが開示されている。

【0005】 また、この公報ではその製造方法として、冷間圧延後の仕上焼鈍として1050℃で3秒以上60秒未満の間連続焼鈍を行い、再結晶後の平均結晶粒径を100μm以上にすることで良好な磁気特性を得ている。このように、無方向性電磁鋼板としては、最終的な結晶粒径をより大きくすることで、磁気特性、特に低周波数帯域で磁化したときの鉄損を小さくすることができ、そして、これを効果的に行う方法として、コア焼鈍を行うセミプロセス無方向性電磁鋼板に、仕上焼鈍後にスキンパス圧延を行うことで鋼板に歪みを導入し、コア焼鈍における再結晶を促進するという技術も開示されている。

【0006】 無方向性電磁鋼板の高効率化については、以上のような技術の他にも様々な改善技術が提案され、市場の省エネルギー化への要請に対応してきた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 既に述べたように、コアの鉄損増加を抑制するためには、加工歪を除去するた

めのコア焼鈍が必要である。これはセミアプロセス材ばかりではなく、コア焼鈍を要しないとされているフルプロセス材においても考慮すべきものとなっている。そこで、本発明者らは、このコア焼鈍について種々検討した結果、これまでより更に良好な磁気特性を得られる方法を知見したものである。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の要件は以下の通りである。

(1) 無方向性電磁鋼板を積層して形成したコアの焼鈍を、800℃以上の温度で行うことを特徴とする積層コアの歪み取り焼鈍方法。

(2) 前記雰囲気为非酸化性もしくは還元性とすることを特徴とする(1)記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

(3) 非酸化性もしくは還元性雰囲気として、雰囲気中の酸素もしくは水分濃度を1%未満、もしくは $\text{PH}_2/\text{O}$ 、 $\text{PH}_2$ を0.1以下とすることを特徴とする(2)記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

(4) 焼鈍雰囲気に水素を添加して、雰囲気中の $\text{PH}_2/\text{O}$ 、 $\text{PH}_2$ を調整することを特徴とする(3)記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

(5) 積層して形成したコアの焼鈍を850℃以上の温度で行うことを特徴とする(1)～(4)のいずれか1項に記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

(6) 無方向性電磁鋼板のA1含有量が0.1重量%未満であることを特徴とする(1)～(5)のいずれか1項に記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

(7) 無方向性電磁鋼板のA1含有量が0.1重量%以上であり、かつ積層して形成したコアの焼鈍雰囲気ににおける窒化能を有するガスの濃度を容量比で30%未満とすることを特徴とする(1)～(5)のいずれか1項に記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

(8) 焼鈍雰囲気にHe、Arなどの不活性ガスを添加して、雰囲気中の酸化度および/または窒化ガス濃度を調整することを特徴とする(2)～(7)のいずれか1項に記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

(9) 非酸化性もしくは還元性雰囲気が、不活性ガスおよび/または水素、および/または不可避的混入ガスよりなることを特徴とする(2)～(8)のいずれか1項に記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

(10) 積層コア形成に用いる無方向性電磁鋼板として、結晶粒径が50μm以下の鋼板を用いることを特徴とする(1)～(9)のいずれか1項に記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

(11) 積層コア形成に用いる無方向性電磁鋼板として、最終冷延後に仕上げ焼鈍を施さない鋼板を用いることを特徴とする(1)～(9)のいずれか1項に記載の積層コアの歪み取り焼鈍方法。

#### 【0009】

【発明の実施の形態】以下に本発明について詳細に説明する。本発明の特徴は、コアに形成した後で行う焼鈍を、従来通常に行われている約750℃より更に高い800℃以上、望ましくは850℃以上の温度で行うことにある。このような条件による最大の効果は、高温焼鈍により再結晶および加工歪み開放がより促進されることで、特に低磁場における鉄損を更に向上できることにある。この傾向はより高級品、すなわち添加元素を増加させたことで再結晶抑制効果が増大し、かつ加工歪みの復元に大きなエネルギーを要する材料に対して特に効果がある。

【0010】また従来、コア焼鈍を前提とした無方向性電磁鋼板に対し、仕上げ焼鈍後にスキンパス圧延を行うことによって、その後の歪み取り焼鈍における再結晶を促進させる技術が知られているが、本発明による積層コアの歪み取り焼鈍方法を用いれば、このようなスキンパス圧延を省略しても、十分な鉄損特性を得ることが可能となる。更に、スキンパス圧延と本発明による歪み取り焼鈍方法を組み合わせて、再結晶促進効果を更に高めることも可能である。

【0011】以上のような効果を得るためには、800℃以上、望ましくは850℃以上の温度で行うことが必要である。例えば、従来法の約750℃という低い温度でも、再結晶は十分な焼鈍時間をかければ進行するが、必要な時間は温度を低くするにつれ指数的に増加するので、工業的には好ましくない。また、更に、本発明による高温でのコア焼鈍を施すことで、連続焼鈍での結晶粒成長にかかわらず、その成分系における最適な鉄損を得ることができる。更には、最終仕上げ焼鈍を行わない材料を用いてコアを形成させる場合においても、鉄損を大きく改善することができる。このように、連続焼鈍過程での焼鈍の度合いを自由に選定できることで、連続焼鈍を高温で行うための設備の配慮を省略し、かつ操業コストを低下させるとともに、コア形成のための打ち抜き加工の生産性向上を指向できる。通常、無方向性電磁鋼板の打ち抜き加工においては、焼鈍による粒成長を十分に行った方が鋼板は柔らかくなり、打ち抜き型の長寿命化には効果的である一方、粒成長を完全に行わなければ鋼板は固く、延びにくくなり、打ち抜き時の寸法精度や自動かしめ性を得る上ではむしろ好ましい。従来は必要とする磁気特性に応じて成分系が決定され、それにより鋼板の加工性も自ずと規定されていたが、本発明による積層コアの歪み取り焼鈍法を用いる場合、むしろ打ち抜き加工性を適切な材質となるような温度での連続焼鈍を行い、コア加工後の焼鈍でそれを補うように再結晶を行うことが可能となる。

【0012】焼鈍温度の上限については特に規定しない。一般に高温にすればそれだけ磁気特性が向上しやすく、また焼鈍時間も短縮できるが、時間当たりの燃料コストは高くなる。また、高温にするほど絶縁被膜の破壊

や窒化が進行しやすいので、制限する必要がある。より好適な条件は880~970℃の間である。また、焼鈍時間についても特に規定しない。極く短時間でも本願発明の温度まで加熱すれば、再結晶および加工歪みの開放は進行し、鉄損は改善される。ただし、この温度はコアのすべての部位で到達する必要がある、従って焼鈍設備の特性やコアの大きさ等に応じて十分な時間を取る必要がある。一方、上限は鉄損向上の観点からは特に規定されるものではないが、長時間操業すればそれだけコスト高となるのに対し、鉄損改善の効果は長くても数時間で飽和する。また、絶縁被膜の劣化も懸念されるため制限される。通常は均熱温度の保持時間を2~10時間とし、加熱、冷却時間を合わせておよそ20時間程度焼鈍される。

【0013】また、 $\gamma$ 相に変態する材料を $A_1$ 変態点以上に加熱して一旦変態させると、炭化物、硫化物など粒成長を阻害する物質を再固溶・析出凝集させることができ、再結晶促進の上で効果がある。ただし、この場合は $\alpha$ 相に戻ってからの再結晶時間を一定以上確保する必要があるため、冷却速度として、 $A_{r3}$ 変態点から650℃までの冷却速度を一定以下とする必要がある。この速度は平均で50℃/sec以下が必要である。 $\gamma$ 変態を起こす材料の条件は、およそ $Si \leq 2.5$ 重量%、 $Al \leq 1.0$ 重量%、かつ $(Si + 2Al) \leq 2.5$ 重量%の成分として含むことが好ましい。

【0014】本発明のような比較的高い温度でのコア焼鈍が従来行われていなかった理由は2つ考えられる。一つは絶縁被膜の破壊や銅板表面の酸化の恐れがあること、もう一つは一定以上 $Al$ を含有する材料に対して窒化により $AlN$ が生成し、再結晶を阻害することである。絶縁被膜の焼損や銅板表面の酸化を防止するためには、コア焼鈍の雰囲気として非酸化性もしくは還元性雰囲気で行う必要がある。酸化性雰囲気、すなわち酸素、水分、もしくは熱分解でこれらを放出する気体を一定以上含有していると、絶縁被膜の破壊を促進し、また銅板表面で酸化物が形成されて地鉄に対しピンニングによる鉄損劣化を起こす。

【0015】使用される雰囲気ガスとしては、 $N_2$ 、 $CO$ 、 $CO_2$ を主成分とする燃焼ガスが多く用いられている。すなわち、燃料を燃焼させてコアを加熱し、またその熱で乾燥させた排ガスを加熱して炉内に吹込むのである。燃焼排ガスの水分含有量は、露点にしておよそ55℃(約16 vol%)になる。このガスを冷却して乾燥させることで露点にして15℃(約1.7 vol%)位としている。従来技術の比較的低い温度でのコア焼鈍で、かつクロム酸などを主成分とする無機被膜では、上記の水分含有量にすれば特に問題とならないが、本発明のように高温で焼鈍する場合、酸化反応は進行しやすく、品質に及ぼす影響は非常に大きい。これを避けるためには、 $N_2$ 、 $H_2$ 、 $Ar$ などの単離ガス、アンモニアの分解ガ

ス( $H_2:N_2=3:1$ )など、酸化性の非常に低いガスを混合して、実質的な酸素ポテンシャル( $PH_2O/PH_2$ )を低下させてやるとよい。例えば、露点15℃のガスなら、水素を17%以上混入させ、 $PH_2O/PH_2$ を0.1以下にすることで、リン酸塩などからなる無機被膜なら劣化は殆んど見られなくなる。ただし、樹脂などの有機物を含有する被膜の場合、更に酸素ポテンシャルを下げた酸化を防止する必要がある。このような場合は、焼鈍するコアをカバーして雰囲気を外気から遮断し、純度の高い特定的气体を用いる。この場合も不活性ガスや水素を適宜混入させ、もしくはこれらのガスを主成分として用いることで、酸素ポテンシャルを更に低下させ、被膜の劣化をより効果的に抑制することができる。

【0016】また、窒化による $AlN$ 生成に対しては、雰囲気ガス中から窒化能を持つガスを減少させる必要がある。本発明の主旨がコアでの再結晶促進にあることから、再結晶を阻害する要因はできるだけ排除しなければならない。通常、 $Al$ は磁気特性向上のため添加され、その量は高級グレードで約1%である。一方、 $N$ は製鋼段階で通常0.01%以下に抑え、 $AlN$ 生成を抑制している。しかしながら、 $Al$ を0.1%以上含む材料においては、その後の熱処理において雰囲気ガス中の窒素を吸収して $AlN$ を形成する。特に、コア焼鈍は焼鈍時間が連続焼鈍と比べ長いことにより窒化量が多くなりやすく、本発明のように高い温度で焼鈍する場合には更に窒化しやすい。

【0017】以上のことから、本発明の焼鈍雰囲気として、銅板が $Al$ を0.1重量%以上含有する場合には、窒化能を有するガスの割合を体積比で30%未満と規定した。これは対象のガスを窒素としたときの場合の限定値であるが、アンモニアや $NO_x$ のように、銅板に対する窒化能の高いガスについては特に、その含有量を0.1%未満とする必要がある。なお、 $Al$ の含有量が0.1%未満の場合は、銅板の窒化は殆んど起こらず、生成される $AlN$ の量は本発明の効果を阻害するに至らないので、上記のような制限は特に必要ない。

【0018】本発明に用いる無方向性電磁銅板の組成や製造方法は特に限定しない。一般に無方向性電磁銅板のグレードは、添加元素の量や仕上焼鈍温度、熱延、冷延などの工程条件により決まる鉄損と飽和磁束密度によって定められており、磁気特性と価格との見合いで適切な材料が選択されている。本発明による積層コアの歪み取り焼鈍方法は、ほぼあらゆるグレードに対して、従来法以上の鉄損改善効果をもたらすものである。

【0019】本発明で用いる無方向性電磁銅板に添加される銅中成分としては、以下のものがある。 $Si$ は固有抵抗を増加させ、鉄損を低下させる重要な元素であるが、多すぎると加工性が劣化する。通常は5%以下添加される。 $Al$ もまた固有抵抗を増加させ、鉄損を低下さ

せる重要な元素であるが、多すぎると加工性が劣化する。通常は2%以下添加される。

【0020】Cは一定以上存在すると、電気機器のコアとして使用中に磁気時効を起こして磁気特性を劣化させるので、0.01%以下に制限する必要がある。このような含有量には溶鋼段階で調整する他、連続仕上焼鈍で弱酸化性雰囲気により脱炭する方法も用いられる。Nは多いとAlと結合してAlNを形成し、粒成長を阻害するので、溶鋼段階で0.01%以下に制限する必要がある。

【0021】Sは溶鋼段階で不可避免的に混入するが、多いとMnなどと結合して粒界に析出し、再結晶を阻害するので、0.01%以下に制限する必要がある。その他、磁気特性、加工性、耐錆性の向上を目的として、Mn、P、B、Ni、Cr、Sb、Sn、Cuなどを含有させる。その添加量は狙いとする鋼板の特性に応じて決定される。

【0022】以上の成分からなる連続製造スラブもしくは鋼塊を、熱延し、1回または中間焼鈍をはさむ2回以上の冷延を施し、仕上焼鈍を施し、絶縁被膜を焼付塗布して、無方向性電磁鋼板に仕上げる。この工程において、連続製造で熱延板相当の薄スラブとして熱延を省略することも可能である。また、磁気特性を向上させる目的で、熱延板を焼鈍する、もしくは熱延後に巻取り温度を高くして自己焼鈍を行う場合もある。

【0023】以上のような成分系、製造方法を適正に選択することで、鋼板の鉄損を非常に小さくすることがで

きる。そして本発明による歪み取り焼鈍方法はこの鉄損を更に減少させるものである。また、より安価な鋼板を用いて良好な鉄損特性を得ることもできる。すなわち、仕上焼鈍温度を低くしたり、もしくは省略したりすることでコストダウンを図った材料に対しても、コアを形成した後に本発明による歪み取り焼鈍を施すことで、従来方法によるよりも低い鉄損特性を得ることが可能となるのである。

#### 【0024】

【実施例】＜実施例1＞表1に示す成分、製造方法で製造された板厚0.5mmの無方向性電磁鋼板を用いてコアを形成し、このコアを燃焼ガス、窒素+水素、水素のみの3種類の雰囲気中で、均熱温度を750～950℃、均熱時間を2時間で焼鈍を施した。鉄損( $W_{15/50}$ )の結果を表2に、絶縁被膜の状況を表3に示す。

【0025】Alの含有量が0.1%未満の材料C、Dでは、雰囲気組成に関わらず焼鈍温度が高いほど鉄損は改善されたのに対し、Alを0.3%含有する材料A、Bでは、窒素を含有する雰囲気では900℃以上で鉄損が劣化した。また絶縁被膜の状況は、雰囲気ガスに水素のみを用いた場合、すべての素材で950℃までほとんど劣化は見られず、また水素+窒素混合ガスでも900℃まで劣化は見られなかった。一方燃焼ガスでは、850℃以上で被膜の劣化が顕著となった。

#### 【0026】

【表1】

素材	成 分		仕 上 焼 鈍		絶縁被膜種類
	Si	Al	均熱温度	均熱時間	
A	3.0 %	1.1%	1000℃	30秒	クロム酸系+有機樹脂
B	2.1 %	0.3%	925℃	25秒	クロム酸系+有機樹脂
C	1.6 %	0.025	900℃	20秒	クロム酸系+有機樹脂
D	0.15%	-	870℃	20秒	クロム酸系

#### 【0027】

【表2】

素材	焼鈍雰囲気	焼 鈍 温 度					
		焼鈍前	750℃	800℃	850℃	900℃	950℃
A	燃焼ガス	2.32	2.25	2.22	2.41	2.59	2.58
	窒素+5%水素	"	2.20	2.18	2.32	2.46	2.51
	水 素	"	2.21	2.22	2.10	2.02	2.05
B	燃焼ガス	3.30	2.98	2.92	2.82	2.32	2.52
	窒素+5%水素	"	2.96	2.87	2.80	2.32	2.11
	水 素	"	2.99	2.94	2.76	2.56	2.60
C	燃焼ガス	4.46	3.99	3.42	3.32	3.20	3.11
	窒素+5%水素	"	3.85	3.36	3.22	3.16	3.12
	水 素	"	3.81	3.31	3.19	3.18	3.10
D	燃焼ガス	7.88	5.36	5.22	5.15	5.08	5.01
	窒素+5%水素	"	5.42	5.17	5.09	5.02	4.95
	水 素	"	5.38	5.20	5.10	4.97	4.99

コアの磁気特性 ( $W_{15/50}$ 、単位W/kg)

(注) 燃焼ガス: CO約8%、露点+15℃、残部 $N_2$

窒素+5%水素: 水素5%、露点-15℃ ( $PH_2O/PH_2=0.025$ )、残部 $N_2$

水 素: 水素99.99%、露点-40℃

【0028】

【表3】

コアの絶縁被膜状況

被膜の種類	焼鈍雰囲気	焼 鈍 温 度				
		750℃	800℃	850℃	900℃	950℃
クロム酸系 +有機樹脂	燃焼ガス	○	○	△	×	×
	窒素+5%水素	○	○	○	○	△
	水 素	○	○	○	○	○
クロム酸系	燃焼ガス	○	○	○	○	○
	窒素+5%水素	○	○	○	○	○
	水 素	○	○	○	○	○

(評価) ○: ハクリなし △: わずかにハクリ ×: 地鉄露呈

【0029】<実施例2>表1のBの無方向性電磁鋼板を所定の形状に打ち抜いて積層し、コアを形成した。このコアを表4に示す雰囲気条件で、均熱900℃×2時間で焼鈍を行なった。鉄損 ( $W_{15/50}$ ) および絶縁被膜の状況を表4に示す。磁気特性は、雰囲気中に一定以上の窒素またはアンモニアを含む No. 1, 2, 3, 4, 6の

条件では焼鈍により殆んど向上しなかった。

【0030】また被膜状況は、雰囲気中水素の多い No. 5, 6で特に劣化が少ないものが得られた。

【0031】

【表4】



No	焼鈍雰囲気			磁気特性 $W_{15/50}$ (W/kg)	被膜 状況
	ガス種	水分濃度 (vol%)	酸化度		
	焼鈍前	—	—	3.30	○
1	燃焼ガス	1.7	—	3.35	×
2	窒素+5%水素	1.7	0.14	3.37	△
3	窒素+5%水素	0.02	0.004	3.01	○
4	窒素+50%水素	0.02	0.004	2.99	○
5	窒素+80%水素	0.02	0.004	2.71	○
6	アンモニア分解ガス (水素75%、アンモニア 0.5%)	0.02	$2.7 \times 10^{-4}$	3.22	○
7	水素99%	0.02	$2.7 \times 10^{-4}$	2.60	○
8	Ar 99%	0.02	—	2.63	○

(酸化度で単位のないものは、 $\text{PH}_2\text{O}/\text{PH}_2$  で表記)

(被膜状況の評価) ○:ハクリなし △:わずかにハクリ ×:地鉄露呈

【0032】<実施例3>表5に示す成分系、製造方法で製造された無方向性電磁鋼板を所定の形状に打ち抜いて積層し、コアを形成した。このコアを水素99%の雰囲気中で、均熱90℃×2時間焼鈍した。焼鈍前後の結晶粒径および鉄損( $W_{15/50}$ )を表6に示す。

【0033】コア焼鈍前の結晶粒径が50 $\mu\text{m}$ 以下の素材を用いた場合でも、本発明のコア焼鈍方法を用いるこ

とで、磁気特性の良好な100~150 $\mu\text{m}$ にすることができる。特に素材eでは、仕上焼鈍を行わないものでも行なったものとほぼ同等の磁気特性を得ることができた。

【0034】

【表5】

素材	成分		仕上焼鈍		絶縁被膜種類
	Si	Al	均熱温度	均熱時間	
a	3.0%	1.1%	1000℃	30秒	クロム酸系+有機樹脂
b	2.1%	0.3%	925℃	25秒	クロム酸系+有機樹脂
c	2.1%	0.3%	焼鈍なし	—	クロム酸系+有機樹脂
d	1.6%	0.025	900℃	20秒	クロム酸系+有機樹脂
e	0.15%	—	870℃	20秒	クロム酸系
f	0.15%	—	焼鈍なし	—	クロム酸系

【0035】

【表6】

素材	結晶粒径( $\mu\text{m}$ )		鉄損 $W_{15/50}$ (W/kg)	
	焼鈍前	焼鈍後	焼鈍前	焼鈍後
a	122	129	2.31	2.00
b	95	120	3.36	2.52
c	(測定不可)	111	(レンジオーバー)	2.64
d	45	117	4.49	3.11
e	40	110	7.88	4.95
f	(測定不可)	108	(レンジオーバー)	5.06

【0036】

【発明の効果】以上説明したように、本発明による積層

コアの歪み取り焼鈍方法を用いることで、連続焼鈍工程やその後のスキンパスを簡略化もしくは省略しても、モ

ーター等のコアの磁気特性を著しく向上させ、かつコアを加工する際の加工性を向上させることが可能となる。

---

フロントページの続き

(72)発明者 半澤 和文  
福岡県北九州市戸畑区飛幡町1-1 新日  
本製鐵株式会社八幡製鐵所内

(72)発明者 奥石 弘道  
福岡県北九州市八幡東区枝光一丁目1番3  
号 株式会社九州電磁鋼センター内